REVUE SUISSE DE ZOOLOGIE, 100 (3) : 519-527; septembre 1993

Beeinflussung der Fauna alpiner Böden durch Sommer- und Wintertourismus in West-Österreich
(Ötztaler Alpen, Rätikon)*

Erwin MEYER
Institut für Zoologie,
Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck, Österreich.

The impact of summer- and winter tourism on the fauna of alpine soils in western Austria (Oetztal Alps, Rätikon). – Every kind of touristic impacts on the natural landscape has a negative effect on the soil fauna. Damage to the high-alpine vegetation as a result of trampling in summer is usually spatially and temporally restricted, so that regeneration of both plants and soil fauna is possible. Disturbances due to the shearing effect of skis on hilltops are more serious, since the damage is repeated year for year on the same site and leads to complete destruction of the upper layer of soil. Overheating, desiccation and erosion during the summer impair the edaphic conditions still further. On such bare spots in a subalpine meadow the abundance of earthworms was diminished by 85%, its biomass by 94%. Compaction of the snow cover by snowmobiles for ski runs reduces the abundance of the whole soil fauna by 70%. Preparation of ski slopes by bulldozers completely destroys the vegetation, the top soil and the life within it. The succession in the raw soils at high altitudes proceeds extremely slowly, so that a functioning soil system is lost for years.

Key-words: soil fauna - tourism - alpine soils - earthworms - insects - spiders - mites - Austria.

EINLEITUNG

Welches Ausmaß die Erschließungen der mitteleuropäischen Bergregionen für den Tourismus bereits angenommen haben, erkennt man aus der Tatsache, daß es im Alpenbogen zwischen Grenoble und Schladming (Steiermark) über 12.000 Liftanlagen und Seilbahnen und an die 40.000 Schiabfahrten gibt (CERNUSCA 1986a, b). Im

---

*Referat gehalten am 10.10.1991 anlässlich der 171. Jahresversammlung der SANW in Chur.

Manuskript angenommen am 12.11.1992.

Bundesland Tirol beträgt die Pistenfläche 0,55% der Gesamtlandesfläche, auf sämtliche Verkehrsflächen entfallen 0,56%. In größeren Wintersportgebieten hat die Schipistenfläche schon 5-10% der Gemeindefläche erreicht. Diese Eingriffe bleiben natürlich nicht ohne Folgen für den Naturhaushalt. Im Bereich des Waldes schaffen großflächige Rodungen vor allem hydrologische Probleme. Oberhalb der Waldgrenze verursachen Geländekorrekturen bei der Anlage von Schipisten irreversible Schäden an Vegetation und Boden, Begrünungen sind nach wie vor nur Hilfsmaßnahmen und können keinen standortsgerechten Pflanzenbestand schaffen (HOLAUS & KÖCK 1989). Angesichts der weltweiten Übernutzung der Natur wurde bereits 1970 von der UNESCO das "Man and the Biosphere" - Programm ins Leben gerufen. Einer der 14 formulierten Zielpunkte stellte auch die Frage nach der Nutzung des Alpenraumes und der Belastbarkeit von Gebirgsökosystemen (MaB 6: Man and mountain and tundra ecosystems). Sowohl in der Schweiz (z.B. Grindelwald, Aletsch, Davos) als auch in Österreich (Obergurgl, Hohe Tauern) wurden seither zu diesem Problemkreis umfangreiche multidisziplinäre Arbeiten durchgeführt (z.B. CERNUSCA 1978, 1989, FRANZ 1980, WILDI & EWALD 1986, PATZELT 1987).

Welche Auswirkungen die vielen Formen derartiger anthropogen-touristischer Belastungen auf die Bodenfauna alpiner Lagen haben, wird nachfolgend an Hand einiger Beispiele zu erläutern versucht. Ergebnisse, die im Rahmen von ökologischen Untersuchungen an Wirbellosen im Raum Obergurgl (JANETSCHEK *et al.* 1987) und in den Hohen Tauern (THALER *et al.* 1978, MEYER 1980, 1981, THALER 1989) erarbeitet wurden, bieten die notwendigen Vergleichsmöglichkeiten zur Beurteilung des "Istzustandes" bei herkömmlicher Nutzung des Naturraumes.

UNTERSUCHUNGSGEBIETE

1. OBERGURGL (Ötztaler Alpen)

– Mähwiese (1960 m) an einem westexponierten Hang südlich des Dorfes Obergurgl, treppenartig in flachere und steilere Abschnitte gegliedert. Unter den Kräutern dominieren: *Peucedanum ostruthium*, *Ligusticum mutellina*, *Geranium sylvaticum*, *Rumex acetosa*, *Ranunculus acer*, *Trollius europaeus*. Vorherrschende Gräser: *Poa alpina*, *Luzula alpinopilosa*, *Festuca alpestris*. Der Boden ist eine podsolige Braunerde auf Podsolkolluvium; lehmiger Sand; Mull; pH = 4,3.

– Grasreicher Alpenrosen-Zirbenwald südlich des Dorfes Obergurgl (2100 m), *Rhododendro-Vaccinietum* durchsetzt mit Weidewiese (Calluno-Nardetum), Podsolkolluvium, steiniger Sand, pH = 3,4.

– Zwergstrauchheide (Gurgler Heide, 2200 m): *Empetro-Vaccinietum* mit hohem Flechtenanteil (*Cladonia sylvatica*, *Cetraria islandica*), *Loiseleuria procumbens*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*). Eisenhumuspodsol, Rohhumus, pH = 3,8.

– Hochalpiner Rasen (Hohe Mut, 2600 m): Ein flechtenreiches *Curvuletum* mit geringem Anteil von Krautartigen, auf einem langgestreckten (nordwest - südost) gerundeten Rücken gelegen mit steil gegen das Rotmoos- und Gaisbergtal abfallenden Hängen, pseudovergleyte flachgründige Rasenbraunerde, pH = 3,8.

2. Frastanz, Bazora (Rätikon)

Nordexponierter Schihang (Bazora-Alpe, 1200 m), geologischer Untergrund: Vorarlberger Flysch mit Moränenschutt, Weidefläche (*Nardetum*), außerhalb der Schiabfahrt eine tiefgründige Braunerde (A_h -5cm, B_{v1} -40 cm, B_{v2} -80 cm), Infiltrationsrate 9 mm min.$^{-1}$; auf der Schiabfahrt tiefgründige pseudovergleyte Braunerde ohne A_h, verdichtet, Infiltrationsrate nur 2 mm min.$^{-1}$, geringe Durchwurzelung.

ERGEBNISSE

1. Trittschäden

Eine der Auswirkungen des Sommertourismus ist die Trittbelastung der hochalpinen Rasengesellschaften, besonders in der Umgebung von Bergstationen. Um die Folgen dieser Störung quantifizieren zu können, wurde der Touristenstrom während einer Vegetationsperiode auf einem 2 m breiten und 50 m langen Pfad auf bislang unberührtem *Curvuletum* (Hohe Mut, 2600 m) kanalisiert. Es ergab sich eine Passage von ca 2000 Personen. Der entstandene Trampelpfad wurde im darauffolgenden Jahr mit 5 Schlüpftrichtern (Grundfläche: 50 x 50 cm) bestückt. Im zweiten Jahr nach der Trittbelastung wurden auf dem Pfad Bodenproben (ø 30 cm) entnommen und mit einer Kempson-Apparatur extrahiert.

Tabelle 1 zeigt die Schlüpfabundanzen von Makroarthropoden auf dem Trampelpfad und dem unberührten *Curvuletum*. Die Zahlen sind erstaunlich ausgeglichen. Lediglich die epigäische Fauna (Spinnen) war, wie zu erwarten, merklich beeinträchtigt.

Tab. 1

Abundanz von Makroarthropoden aus Schlüpftrichtern im degradierten (Trampelpfad) und unberührten *Curvuletum* der Hohen Mut (2600 m, Obergurgl, Ötztaler Alpen). Angegeben ist die Summe der über den Untersuchungszeitraum (11.6.-8.10.1977) gefangenen Individuen pro m^2.

Ind./m^2/Vegetationsperiode	Trampelpfad	*Curvuletum*
Nematocera	364,8	448,8
Brachycera	445,6	402,4
Hymenoptera	143,0	280,8
Coleoptera	67,4	53,6
Rhynchota	11,6	25,6
Lepidoptera	4,0	5,4
Aranei	51,2	102,0
Opiliones	3,4	0,0

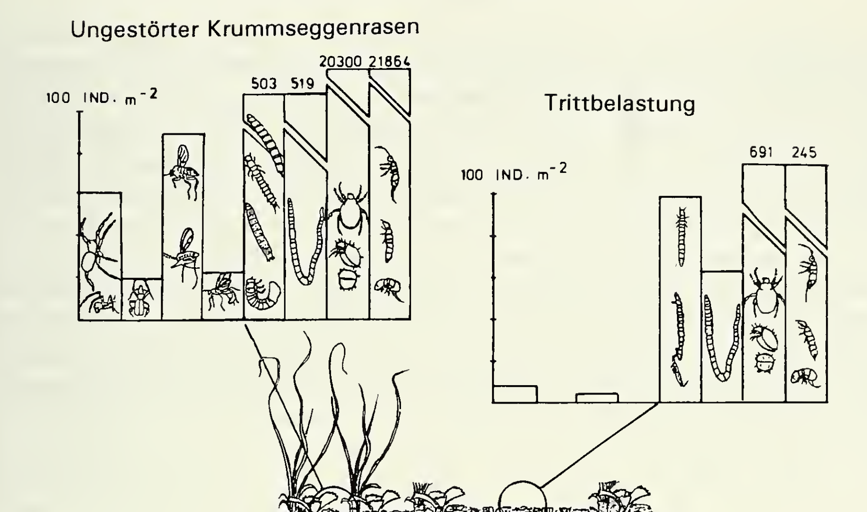
Mit der Zerstörung der gewohnten Bestandesstruktur (64% der oberirdischen Phytomasse bestehen in diesem *Curvuletum* aus Flechten) war aber auch oberflächennah lebenden Kleintieren der Lebensraum genommen. Nach Ergebnissen von SCHATZ (1983) blieben von ursprünglich 13.000 Hornmilben (Oribatei) pro m^2 nur mehr 400 übrig. Obwohl die oberirdische Biomasse von *Carex curvula* und der wichtigsten Begleitpflanzen des *Curvuletums (Avenochloa versicolor, Oreochloa disticha, Polytrichum cf. formosum, Cetraria islandica)* fast zur Gänze zerstört war, bildete das kräftige, dicht bewurzelte Rhizomsystem von *C. curvula* im 1. Jahr nach der Störung noch ein geeingnetes Wachstums - und Entwicklungssubstrat für die bodenlebenden Insekten-Larven. Rhizome und Wurzeln von *C. curvula* sind sehr langlebig und akkumulieren viel unterirdische Biomasse, Verhältnis von unter- zu oberirdischer Biomasse wie 12:1 (GRABHERR *et al.* 1978). Es ist bezeichnend, daß sich auch das Porenvolumen (61,6 Vo. % für den Trampelpfad, 60,8% für das *Curvuletum*) auf den Vergleichsflächen nicht unterschied.

Das volle Ausmaß der Zerstörung wurde erst im zweiten Jahr nach der Trittbelastung deutlich. Abb. 1 zeigt den starken Rückgang der Makrofauna gegenüber der Vergleichsfläche. Die Bodenoberflächenfauna fehlt wie schon im 1. Jahr nahezu vollständig, die Anzahl der Enchytraeidae beträgt nur mehr ein Zehntel. Unter den Insekten-Larven dominieren auf dem Trampelpfad am Beginn der Vegetationsperiode Individuen der Gattung *Helophorus* (Hydraenidae, Coleoptera), die sich bevorzugt an schmelzwasserfeuchten Barflecken entwickeln (SCHATZ-DE ZORDO 1980).

2. Scherwirking von Schikanten, Pistenpräparierung

Schäden durch das Abrasieren der oberirdischen Vegetation durch Schifahrer treten besonders an stark befahrenen Kuppen und Geländekanten auf. In der Höhenlage von 2200-2500 m wächst an solchen Stellen die windharte *Loiseleuria* (Gemsheide). Sie ist der mechanischen Beanspruchung der Schikanten nicht gewachsen und geht zugrunde (DUELLI 1987). Entscheidend ist, daß sich die Schädigung meist jedes Jahr an der gleichen Stelle wiederholt, es kommt an diesen dunklen Kahlstellen zu starker Überhitzung (bis über 60°C, KÖRNER 1980) und zu totaler Austrocknung. Diesem Stress sind auch tolerante Arten mit unterirdischen Regenerationsorganen nicht gewachsen und sterben ab (GRABHERR 1987). In der Folge wird der Rohhumus erodiert und der mineralische Rohboden tritt zutage. Abb. 1 (untere Hälfte) stellt die Besiedlungsdichten der Bodenfauna auf einer solchen kleinräumigen, noch nicht erodierten Kahlstelle auf der Gurgler Heide (2200 m) jener in einer ungestörten Zwergstrauchheide gegenüber. Wie zu erwarten, wird auch hier die Bodenfauna durch die geänderten mikroklimatischen und edaphischen Bedingungen stark beeinträchtigt.

Der Schipistenbetrieb auf Grünland (Mähwiesen, Weidewiesen) an und unterhalb der Waldgrenze bringt durch die Zerstörung der schützenden Schneedecke, Schneeverdichtung, Eisbildung sowie die großflächige mechanische Beanspruchung der Grasnarbe nachgewiesenermaßen Ertragseinbußen und Verluste an Futterwert. Bei sehr intensivem Schibetrieb kann der Ertragsverlust auf einer Mähwiese in ca 1000 m Seehöhe bis zu 42% ausmachen (KÖCK *et al.* 1989).



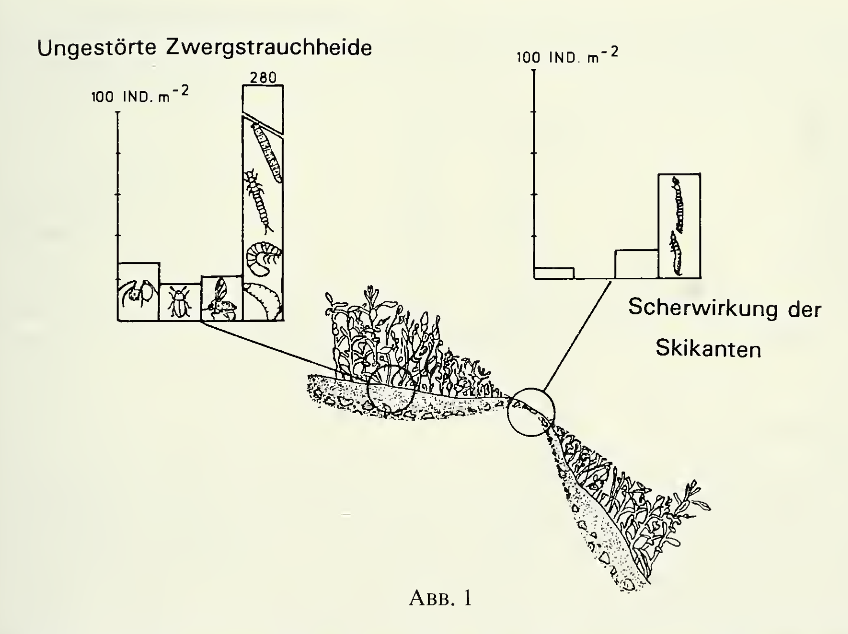


ABB. 1

Auswirkung von Trittbelastung und Scherwirkung durch Schikanten auf die Bodenfauna im Raum Obergurgl (Ötztaler Alpen). Angegeben sind Besiedlungsdichten von Spinnen (Aranei), Käfern (Coleoptera), Fliegen und Mücken (Diptera), Hautflüglern (Hymenoptera), bodenlebenden Insektenlarven, Enchytraeidae, Milben (Acari) und Springschwänzen (Collembola) im natürlichen und im gestörten Areal eines Krummseggenrasens (Hohe Mut, 2600 m) und einer Zwergstrauchheide (Gurgler Heide, 2200 m).

Bodenzoologische Ergebnisse aus einer Mähwiese südlich des Dorfes Obergurgl (1960 m) sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. An stark beanspruchten Stellen besteht nur mehr die Hälfte der ursprünglichen Zahl an Bodentieren. Am stärksten sind natürlich die Tiere der oberflächennahen Streuschicht betroffen. Aber auch die vorkommenden Regenwürmer (*Octolasium lacteum* 68 Ind./m^2, *Lumbricus rubellus* 44 Ind./m^2, *Dendrobaena octaedra* und *D. rubida* 25 Ind./m^2) verzeichnen einen starken Abundanz- (minus 85%) und Massenverlust (minus 94%) (KÜBELBÖCK & MEYER 1981).

Ein ähnliches Bild zeigt Tabelle 3. Langjährige Pistenpräparierung und Schibetrieb auf einer Almweide (Bazora, 1200 m) im Rätikon führte zu einer Veränderung im Profilaufbau des Bodens, der ursprünglich 8 cm mächtige A_h-Horizont verschwand, das Infiltrationsvermögen von Wasser in den Boden verringerte sich von ursprünglich 9 auf 2 mm $min.^{-1}$ (STEIDL 1993). Der Abundanzverlust an Regenwürmern beträgt 64%. Die Besiedlungsdichte der Bodenfauna ging um 70% zurück.

TAB. 2

Abundanz von Makroarthropoden (Ind./m^2) an Scherstellen im Bereich einer Skiabfahrt durch eine Mähwiese bei Obergurgl (1960 m).

	Mähwiese (1960 m)	
Individuen /m^2	Barfleck	Kontrolle
Lumbricidae	20,6	136,7
Aranei	6,5	85,0
Chilopoda	1,2	44,8
Coleoptera	14,2	59,0
Diptera	10,6	76,8
Hymenoptera	2,4	28,4
Insecta-Larvae	977,9	1680,3

Erläuterung: Mittelwert aus 4 Probenentnahmen während der Vegetationsperiode (Juni-Oktober 1978). Die Werte für Lumbricidae nach KÜBELBÖCK und MEYER (1981).

3. SCHIPISTENANLAGE

Die Vegetations- und Bodenzerstörung im Zusammenhang mit den bei der Anlage und beim Bau von Schipisten einhergehenden Erdbewegungen ist zweifellos der schwerwiegendste Eingriff. Mechanische Resistenz und Regenerationsfähigkeit der Pflanzen spielen hier keine Rolle, da das Bodenprofil meist bis zum Muttergestein abgetragen wird. Überläßt man solche hochalpine Rohböden ihrem Schicksal, wandern in einem langfristigen Prozeß Arten der Gletchervorfelder (*Cerastium uniflorum*, *Trifolium pallescens*), der Nival- und Schuttfluren (*Linaria alpina, Ranunculus glacialis*), aber auch der alpinen Rasen (*Tanacetum alpinum*, *Agrostis schraderiana*) ein (GRABHERR 1987). In Ermangelung an geeignetem Substrat wird jedoch meist "humuslos" begrünt, eine nachhaltig geschlossene Vegetationsdecke ist damit aber nicht

zu erreichen. Der Gehalt des Bodens an organischem Material ist zu gering, der Wasserhaushalt gestört, die gewohnte mikobielle Aktivität wird nicht erreicht (MOSER *et al.* 1987), auch bei Protozoen (Ciliaten und Testaceen) sind die Abudanzeinbußen auf einer derart verarmten Schipiste eklatant (FOISSNER & ADAM 1980).

Erhebungen über die Verteilung von Artenzahlen und Häufigkeiten von Bodentieren auf einer im Bereich der Waldgrenze bei Obergurgl planierten Schipiste ergaben folgendes. Sie wurden 10 Jahre nach der Anlage der Schipiste gemacht. Die Zerstörung des Oberbodens ist für die an den Rohhumus gebundenen Oribatei katastrophal. Auch andere streubewohnenden Tiergruppen (Diplopoda, Chilopoda) finden auf den trotz intensiver Bemühungen nur schlecht bewachsenen Schipiste keinen Lebensraum. Ein Vergleich auf Artniveau zeigt, daß auf der Piste zwei Laufkäfer (*Nebria gyllenhali*, *Bembidion nitidulum*) auftreten, die für vegetationsarme, sandig-lehmige Böden, auch Bachufer typisch sind. Die Arten des angrenzenden Zirbenwaldes (z.B. *Omalium ferrugineum*, *Atheta leonhardi*, *Quedius punctatellus*) fehlen auf der Piste (DE ZORDO 1979). Die hohe Fangzahl von *Pardosa oreophila* Simon (= *P. saltuaria* auct.) entspricht möglicherweise dem auf der Piste fehlenden Raumwiderstand.

TAB. 3

Mittlere Besiedlungsdichte der Bodenmakrofauna auf einer Almweide der Bazora Alpe bei Frastanz (1200 m, Vorarlberg) und einer seit 30 Jahren intensiv genützten Skipiste. Angegeben sind die Mittelwerte (Ind./m^2) von 3 Entnahmeterminen (13. Juni, 2. September, 17. Oktober 1988) nach STEIDL (1993).

Jahresmittel	Nicht präpariert	Präpariert
Gehäuseschnecken	27,8	18,4
Nacktschnecken	29,3	12,3
Lumbricidae	249,2	89,2
Aranei	18,5	10,9
Opiliones	2,8	
Isopoda	51,9	9,4
Chilopoda	204,4	40,6
Pauropoda	34,0	17,0
Symphyla	287,4	67,0
Diplopoda	67,5	48,6
Protura	73,2	40,6
Coleoptera-Larv.	219,9	115,0
Coleoptera-Imag.	127,0	97,7
Lepidoptera-Larv.	21,7	2,8
Hymmenoptera	284,1	15,6
Diptera-Larv.	507,4	465,3
Brachycera	4,2	–
Nematocera	14,7	7,6
Homoptera	1854,5	123,7
Heteroptera	10,9	10,4
Psocoptera	2,8	1,4
Thysanoptera	50,0	42,5
Summe	4143,2	1236,0

Die pisteneigene Wolfsspinne *Pardosa amentata* gilt als sehr eurytop (PUNTSCHER 1980). Insgesamt verringerte sich bei Spinnen die Artenzahl von 40 (im Alpenrosen-Zirbenwald) auf 22 (Schiabfahrt), 47 Käferarten im Wald stehen 24 auf der Schipiste gegenüber, von den 55 Oribatidenarten im Zirbenwald verblieb nur eine einzige Art auf der Piste. Winterbetrieb und Pistenpflege auf einer Schiabfahrt bei Achenkirch (1000 m, Tirol) dezimierten besonders bodennah überwinternde Spinnenarten (THALER 1977).

ZUSAMMENFASSUNG

Alle Formen touristischer Belastung der Naturlandschaft wirken sich negativ auf das Bodenleben aus. Schäden an hochalpinen Rasen durch Trittbelastung im Sommer erlauben bei räumlicher und zeitlicher Begrenztheit meist eine Regeneration und Wiederbesiedlung. Störungen durch die Scherwirkung der Schikanten an Geländekuppen sind verhängnisvoller, da sich die Schädigung meist jedes Jahr an der gleichen Stelle wiederholt. Überhitzung, Austrocknung, Erosion verschlechtern die edaphischen Bedingungen zu stark. Der Abundanzverlust der Regenwürmer auf solchen Kahlstellen beträgt in einer subalpinen Mähwiese 85%, der Masseverlust 94%. Auch langjähriger mit Pistenpräparierung verbundener Schibetrieb auf einer Almweide vermag die ursprüngliche Besiedlungsdichte der Bodenfauna um 70% zu reduzieren.

Die Vegetations- und Bodenzerstörung im Zusammenhang mit der Planie von Schipisten ist zweifellos der schwerwiegendste Eingriff. Eine nachhaltig geschlossene Vegetationsdecke wird nur selten erreicht, der Gehalt des Bodens an organischem Material ist zu gering, der Wasserhaushalt gestört, ein funktionierendes Bodenleben ist auf Jahrzehnte zunichte gemacht.

LITERATUR

CERNUSCA, A. (Hrsg.) 1978. Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 2, 390 p.

– 1986a. Ökologische Auswirkungen des Baues und Betriebes von Schipisten. *Sammlung Naturschutz* 33, 253 p., Conseil de l'Europe, Strasbourg.

– 1986b. Probleme von Wintersportkonzentrationen für den Naturschutz. *Jb. Naturschutz u. Landschaftspflege (Bonn)* 38: 33-48.

– (Hrsg.) 1989. Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 13, 625 p.

DE ZORDO, I. 1979. Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen des zentralalpinen Hochgebirges (Obergurgl, Tirol). III. Lebenszyklen und Zönotik von Coleopteren. *Alpin-Biol. Stud.* 11 (*Veröff. Univ. Innsbruck* 118): 131 p.

DUELLI, M.T. 1987. Die Vegetation des Gaisbergtales, Obergurgl, Ötztal. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 10: 205-231.

FOISSNER, W. und H. ADAM 1980. Abundanz, Vertikalverteilung und Artenzahl der terrestrischen Ciliaten und Testaceen einer Almweide und einer Schipiste auf der Schloßalm bei Bad Hofgastein (Österreich). *Zool. Anz.* 205: 181-187.

FRANZ, H. (Hrsg.) 1980. Untersuchungen an alpinen Böden in den Hohen Tauern 1974-1978, Stoffdynamik und Wasserhaushalt. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 3, 295 p., 1 Vegetationskarte.

GRABHERR, G., E. MÄHR und H. REISIGL 1978. Nettoprimärproduktion und Reproduktion in einem Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Ötztaler Alpen, Tirol. *Oecol. Plant.* 13: 227-251.

GRABHERR, G. 1987. Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetation in der alpinen Stufe. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 10: 243-256.

HOLAUS, K. und L. KÖCK 1989. Verbesserung und Erhaltung der Vegetation auf Schipistenflächen durch Düngungsmaßnahmen. 50 Jahre Landesanstalt f. Pflanzenzucht u. Samenprüfung, Rinn (Tirol): 31-58, Selbstverlag.

JANETSCHEK, H., E. MEYER, H. SCHATZ und I. SCHATZ-DE ZORDO 1987: Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen im Raum Gurgl unter Berücksichtigung anthropogener Einflüsse. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 10: 218-315.

KÖCK, L., K. HOLAUS, R. SCHNITZER und A. WALCH 1989. Quantitative und qualitative Veränderungen der Vegetation durch den Einfluß des Schisports auf Pisten und Langlaufloipen. 50 Jahre Landesanstalt f. Pflanzenzucht u. Samenprüfung, Rinn (Tirol): 59-79, Selbstverlag.

KÖRNER, CH. 1980. Zur anthropogenen Belastbarkeit der alpinen Vegetation. *Verh. Ges. f. Ökol.* VIII: 451-461.

KÜBELBÖCK, G. und E. MEYER 1981. Ökologische Unterschungen an Wirbellosen des zentralalpinen Hochgebirges Obergurgl, Tirol). VI. Abundanz und Biomasse der Oligochaeta (Lumbricidae, Enchytraeidae). *Alpin-Biol. Stud.* 15 (*Veröff. Univ. Inssbruck* 130): 52 p.

MEYER, E. 1980. Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen des zentralalpinen Hochgebirges (Obergurgl, Tirol). IV. Aktivitätsdichte, Abundanz und Biomasse der Makrofauna. *Alpin-Biol. Stud.* 13 (*Veröff. Univ. Innsbruck* 125), 54 p.

– 1981. Abundanz und Biomasse von Invertebraten in zentralalpinen Böden (Hohe Tauern, Österreich). Veröff. Österr. MaB-Programm 4: 153-178.

MOSER, M., J. HOFMANN, A. PFITSCHER, W. RIDL und R. WIESER 1987. Mikrobielle Parameter als Indikatoren für die anthropogene Beeinflussung alpiner Böden, besonders durch Massentourismus. Veröff. Österr. MaB-Programm 10: 258-279.

PATZELT, G. (Hrsg.) 1987. MaB-Projekt Obergurgl. *Veröff. Österr. MaB-Programm* 10, 352 p., 1 Bodenkarte.

PUNTSCHER, S. 1980. Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen des zentralalpinen Hochgebirges (Obergurgl, Tirol). V. Verteilung und Jahresrhythmik von Spinnen. *Alpin-Biol. Stud.* 14 (Veröff. Univ. Innsbruck 126): 108 p.

SCHATZ, H. 1983. Der Einfluß des Tourismus auf Mesoarthropoden des Hochgebirges. *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 70: 93-97.

SCHATZ-DE ZORDO, I. 1980. Auswirkung der Betrampelung auf epigäische Coleoptera (Insecta) der alpinen Grasheide (Obergurgl, Tiroler Zentralalpen). *Ber. nat-med. Ver. Innsbruck* 67: 137-144.

STEIDL, P. 1993. Ökologische Untersuchungen über die Auswirkungen der mechanischen Pistenpräparierung am Beispiel des Schigebietes Bazora in Frastanz (Vorarlberg). *Dissertation, Universität Innsbruck*, 204 p.

THALER, K. 1977. Epigäische Makroarthropoden, insbesondere Spinnen, im Bereich einer begrünten Schiabfahrt (Achenkirch, Tirol). *Beitr. zur Umweltgestaltung* A 62: 97-105.

THALER, K. 1989. Epigäische Spinnen und Weberknechte (Arachnida: Aranei, Opiliones) im Bereich des Höhentransektes Glocknerstraße-Südabschnitt (Kärnten, Österreich). *Veröff. Österr. MaB-Programm* 13: 201-215.

THALER, K., I. DE ZORDO, E. MEYER, H. SCHATZ und H. TROGER 1978. Arthropoden auf Almflächen im Raum von Badgastein (Zentralalpen, Salzburg, Österreich). *Veröff. Österr. MaB-Programm* 2: 195-233.

WILDI, O. und K. EWALD (Hrsg.) 1986. Der Naturraum und dessen Nutzung im alpinen Tourismusgebiet von Davos. Ergebnisse des MaB-Projektes Davos. *Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. Ber.* 289, 336 p., + Kartenbeilagen.